

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-196483

(43)Date of publication of application : 12.07.2002

(51)Int.Cl.

G03F 7/004
 C09K 3/00
 G03F 1/08
 G03F 7/20
 H01L 21/027
 // H01L 21/8238
 H01L 27/092

(21)Application number : 2000-391795

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 25.12.2000

(72)Inventor : UTAKE SONOKO

ARAI TADASHI

ARAKI TSUTOMU

MOMOSE SATOSHI

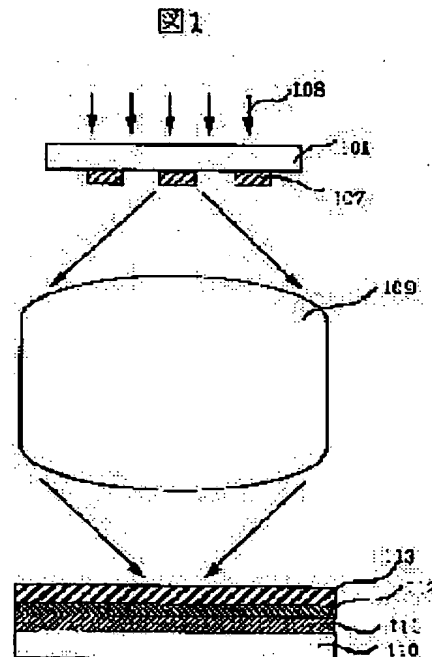
YAMAGUCHI OSAMU

(54) PHOTOMASK AND MANUFACTURING METHOD OF ELECTRONIC DEVICE USING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To manufacture a photomask for KrF excimer laser lithography in a short period and at low cost, and to reduce a manufacturing period and the cost of a semiconductor integrated circuit device.

SOLUTION: In the photomask manufacturing process, a light shading body pattern is directly made using the photopolymer composition containing a chemical compound which absorbs the specific light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
 examiner's decision of rejection or application
 converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-196483

(P2002-196483A)

(43)公開日 平成14年 7 月12日 (2002. 7. 12)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
G 0 3 F 7/004	5 0 5	G 0 3 F 7/004	5 0 5 2 H 0 2 5
C 0 9 K 3/00		C 0 9 K 3/00	U 2 H 0 9 5
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	J 2 H 0 9 7
			A 5 F 0 4 8
7/20	5 0 2	7/20	5 0 2

審査請求 未請求 請求項の数31 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-391795(P2000-391795)

(22)出願日 平成12年12月25日(2000. 12. 25)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72)発明者 右高 園子

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 新井 唯

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

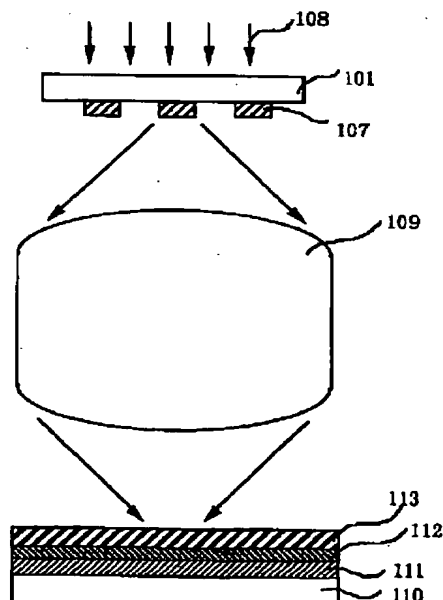
(54)【発明の名称】 フォトマスク及びそれを用いた電子デバイスの製造方法

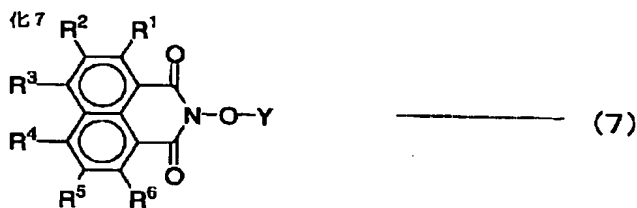
(57)【要約】

【課題】本発明が解決すべき課題はKrFエキシマレーザリソグラフィ用のフォトマスクを製造期間短く、かつ低いコストで製造し、また半導体集積回路装置の製造期間及びコストを低減することである。

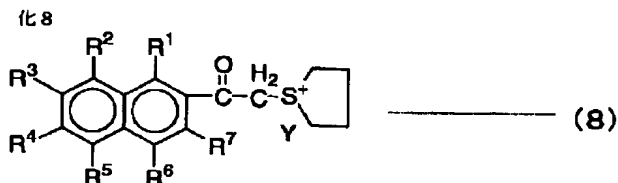
【解決手段】フォトマスクの製造工程で、特定の光吸収化合物を含有する感光性樹脂組成物を用いて遮光体パターンを直接形成する。

図1





【化8】



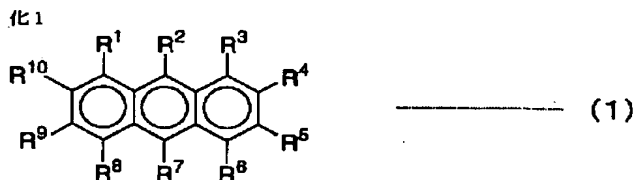
(ここでR1~R10は水素、炭素数1~4の置換または無置換アルキル基、ハロゲン、水酸基、メチロール基、炭素数1~4の置換または無置換アルコキシ基、ヒドロキシル基、フェニル基、メトキシ基、エトキシエチル基、シクロプロピル基、アセタール基、アセチル基の中から選ばれる原子または原子団を表わす。R1~R10は同一であってもよく、異なってもよい。また、Xはハロゲン化アセチル基、Yはカンファースルホネート、トリフルオロスルホネート、メタンスルホネート等の中から選ばれる原子または原子団を表す。)

【請求項2】請求項1記載の感光性樹脂組成物であって、上記遮光体部のKrFエキシマレーザ光に対する透

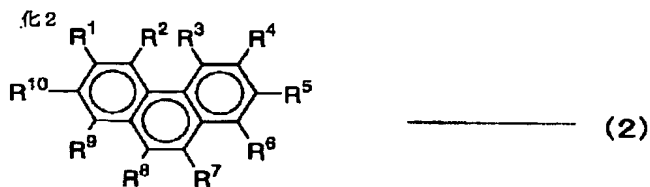
過率が0.5%以下であることを特徴とする感光性樹脂組成物。

【請求項3】石英ガラス基板上に所望のパターンが形成された感光性樹脂塗膜からなる減光体を有し、当該減光体部のKrFエキシマレーザ光に対する透過率が2%から16%の範囲で、KrFエキシマレーザリソグラフィ用ハーフトーンフォトマスクを作製するための当該感光性樹脂組成物であって、下記一般式(化1)~(化8)で表される光吸収化合物のうち少なくとも1種類を含有することを特徴とする感光性樹脂組成物。

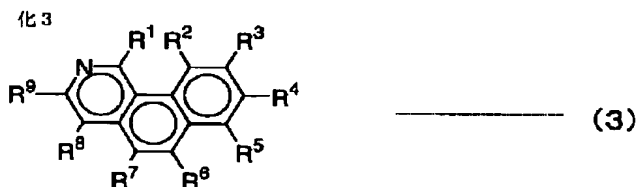
【化1】



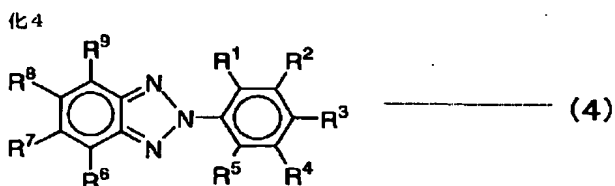
【化2】



【化3】



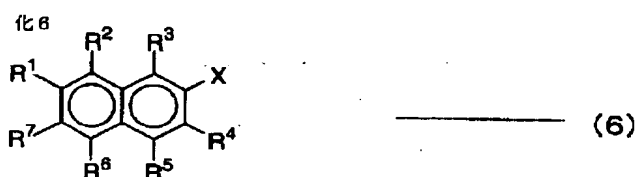
【化4】



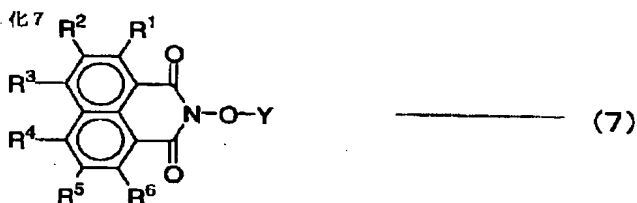
【化5】



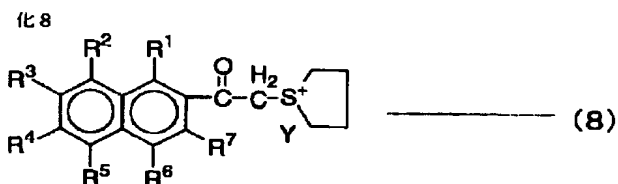
【化6】



【化7】



【化8】



(ここでR1～R10は水素、炭素数1～4の置換または無置換アルキル基、ハロゲン、水酸基、メチロール基、炭素数1～4の置換または無置換アルコキシ基、ヒドロキシル基、フェニル基、メトキシ基、エトキシエチル基、シクロプロピル基、アセタール基、アセチル基の中から選ばれる原子または原子団を表わす。R1～R10は同一であってもよく、異なってもよい。また、Xはハロゲン化アセチル基、Yはカンファースルホネート、トリフルオロスルホネート、メタンスルホネート等の中から選ばれる原子または原子団を表す。)

【請求項4】請求項3記載の感光性樹脂組成物であって、上記減光体部のKrFエキシマレーザ光に対する透過率が4%以上9%以下であることを特徴とする感光性樹脂組成物。

【請求項5】請求項1乃至4いずれかに記載の感光性樹脂組成物であって、石英ガラス基板上に当該感光性樹脂塗膜を形成する工程、電子線あるいは該塗膜に対する

透過率が40%以上となる波長の活性化学線により所望パターンを露光する工程、および現像工程によって、ネガ型のパターンを形成することを特徴とする感光性樹脂組成物。

【請求項6】請求項1乃至5いずれかに記載の感光性樹脂組成物であって、当該光吸収化合物が、アントラセン誘導体またはフェナンスレン誘導体から成ることを特徴とする感光性樹脂組成物。

【請求項7】請求項6記載の感光性樹脂組成物であって、当該光吸収化合物が、その分子構造中に少なくともひとつのカルビノール基を有するアントラセン誘導体またはフェナンスレン誘導体から成ることを特徴とする感光性樹脂組成物。

【請求項8】石英ガラス基板上に所望のパターンが形成された感光性樹脂塗膜からなる遮光体を有するKrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクであって、当該遮光体部のKrFエキシマレーザ光に対する透過率が1

%以下であることを特徴とするフォトマスク。

【請求項 9】請求項 8 記載のフォトマスクであって、前記遮光体部の KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 0.5% 以下であることを特徴とするフォトマスク。

【請求項 10】石英ガラス基板上に所望のパターンが形成された感光性樹脂塗膜からなる減光体を有する KrF エキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクであって、当該減光体部の KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 2% から 16% の範囲であることを特徴とするフォトマスク。

【請求項 11】請求項 10 記載のフォトマスクであって、前記減光体部の KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 4% から 9% の範囲であることを特徴とするフォトマスク。

【請求項 12】請求項 8 記載のフォトマスクであって、かつ当該石英ガラス基板上に所定パターン状の KrF エキシマレーザ光の位相をほぼ 180 度変える構造を持った位相シフトと呼ばれる構造を有することを特徴とするフォトマスク。

【請求項 13】KrF エキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクの製造方法であって、少なくとも、石英ガラス基板上に感光性樹脂塗膜を形成する工程、該塗膜に対する透過率が 40% 以上となる波長の活性化学線あるいは電子線により所望パターンを露光する工程、および現像工程によって、該石英ガラス基板上に KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 1% 以下である遮光体を形成することを特徴とする KrF エキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクの製造方法。

【請求項 14】請求項 13 記載のフォトマスクの製造方法であって、前記遮光体部の KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 0.5% 以下であることを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項 15】KrF エキシマレーザリソグラフィ用ハーフトーンフォトマスクの製造方法であって、少なくとも、石英ガラス基板上に感光性樹脂塗膜を形成する工程、該塗膜に対する透過率が 40% 以上となる波長の活性化学線あるいは電子線により所望パターンを露光する工程、および現像工程によって、該石英ガラス基板上に KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 2% から 16% の範囲である減光体を形成することを特徴とする KrF エキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクの製造方法。

【請求項 16】請求項 15 記載のフォトマスクの製造方法であって、前記減光体部の KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 4% から 9% の範囲であることを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項 17】請求項 13 あるいは 14 記載の KrF エキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクの製造方法であって、かつ当該石英ガラス基板上に所定パターン状の KrF エキシマレーザ光の位相をほぼ 180 度変える構造を

持った位相シフトと呼ばれる構造をあらかじめ形成することを特徴とする KrF エキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクの製造方法。

【請求項 18】所定の遮光体パターンが描かれたフォトマスクを照明し、当該パターンを投影光学系を介してウエハ基板上に転写する投影露光を繰り返し実施して所定のパターンを順次形成していく工程を含む電子デバイスの製造方法であって、少なくともひとつの KrF エキシマレーザ光を用いる投影露光工程を含み、該 KrF エキシマレーザ光を用いる投影露光工程に使用するフォトマスクが、石英ガラス基板上に感光性樹脂塗膜から形成された所定の遮光体パターンを有し、当該遮光体パターン部の KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 1% 以下であることを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 19】請求項 18 記載の電子デバイスの製造方法であって、前記遮光体部の KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 0.5% 以下であることを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 20】所定の遮光体パターンが描かれたフォトマスクを照明し、当該パターンを投影光学系を介してウエハ基板上に転写する投影露光を繰り返し実施して所定のパターンを順次形成していく工程を含む電子デバイスの製造方法であって、少なくともひとつの KrF エキシマレーザ光を用いる投影露光工程を含み、該 KrF エキシマレーザ光を用いる投影露光工程に使用するフォトマスクが、石英ガラス基板上に感光性樹脂塗膜から形成された所定の減光体パターンを有し、当該減光体パターン部の KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 2% から 16% の範囲であることを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 21】請求項 20 記載の電子デバイスの製造方法であって、前記減光体部の KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 4% から 9% の範囲であることを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 22】所定の遮光体パターンが描かれたフォトマスクを照明し、当該パターンを投影光学系を介してウエハ基板上に転写する投影露光を繰り返し実施して所定のパターンを順次形成していく工程を含む電子デバイスの製造方法であって、少なくともひとつの KrF エキシマレーザ光を用いる投影露光工程を含み、該 KrF エキシマレーザ光を用いる投影露光工程に使用するフォトマスクが、石英ガラス基板上に感光性樹脂塗膜から形成された所定の遮光体パターンを有し、当該遮光体パターン部の KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 1% 以下であり、かつ、当該フォトマスクの石英ガラス基板上に所定パターン状の KrF エキシマレーザ光の位相をほぼ 180 度変える構造を持った位相シフトと呼ばれる構造を有することを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 23】請求項 22 記載の電子デバイスの製造方法であって、前記遮光体部の KrF エキシマレーザ光に対する透過率が 0.5% 以下であることを特徴とする電

子デバイスの製造方法。

【請求項24】請求項18乃至23いずれかに記載の電子デバイスの製造方法であって、ゲート電極形成工程までの露光には当該遮光体パターンが金属膜からなるフォトマスクを用いることを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項25】請求項18乃至23いずれかに記載の電子デバイスの製造方法であって、トランジスタのゲート電極を作る工程が、KrFエキシマレーザ光を用いる投影露光工程で、該KrFエキシマレーザ光を用いる投影露光工程に使用するフォトマスクが、石英ガラス基板上に感光性樹脂塗膜から形成された所定の遮光体パターンを有し、当該フォトマスクの遮光体パターン部のKrFエキシマレーザ光に対する透過率が1%以下であり、かつ、当該フォトマスクの石英ガラス基板上に所定パターン状のKrFエキシマレーザ光の位相をほぼ180度変える構造を持った位相シフトと呼ばれる構造を有することを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項26】請求項25記載の電子デバイスの製造方法であって、前記遮光体部のKrFエキシマレーザ光に対する透過率が0.5%以下であることを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項27】フォトマスク上に形成された所望の遮光体あるいは減光体パターンを投影レンズを介して被加工膜上に形成されたレジストに露光を行い、その後現像を行ってレジストパターンを形成するレジストパターン形成方法において、前記露光光がKrFエキシマレーザ光であり、前記遮光体あるいは減光体パターンがベンゼン環を含む感光性組成物であり、かつ前記被加工膜上に形成されたレジストがベンゼン環を含むレジストであることを特徴としたレジストパターン形成方法。

【請求項28】フォトマスク上に形成された遮光体あるいは減光体からなる所望の回路パターンを投影レンズを介して被加工膜上に形成されたレジストに露光を行う工程と、現像を行う工程と、該レジストをマスクに該被加工膜のエッチングを行う工程とを有する電子デバイスを製造する電子デバイスの製造方法において、前記露光光がKrFエキシマレーザ光であり、前記遮光体あるいは減光体パターンがベンゼン環を含む感光性組成物であり、かつ前記被加工膜上に形成されたレジストがベンゼン環を含むレジストであることを特徴とした電子デバイスの製造方法。

【請求項29】請求項28記載の電子デバイスの製造方法において、前記被加工膜が酸化膜であることを特徴とした電子デバイスの製造方法。

【請求項30】請求項28あるいは29記載の電子デバイスの製造方法において、KrFエキシマレーザ光に対するフォトマスク上のレジストの消費係数が被加工膜上のレジストの消費係数より大きいことを特徴とした電子デバイスの製造方法。

【請求項31】請求項8あるいは9記載のフォトマスクを用い、KrFエキシマレーザ露光を行ってインプラマスキ用のレジストパターンを形成することを特徴とした電子デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路装置、超電導装置、マイクロマシン、TFT、配線基板等の電子デバイスの製造方法に関し、特に、半導体集積回路装置の製造工程におけるリソグラフィ技術に適用して有効な技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路装置の製造においては、微細パターンを半導体ウエハ上に転写する方法として、リソグラフィ技術が用いられる。リソグラフィ技術においては、主に投影露光装置が用いられ、投影露光装置に装着したフォトマスクのパターンを半導体ウエハ上に転写してデバイスパターンを形成する。

【0003】通常のフォトマスクは、透明な石英ガラス基板上に形成されたクロム(Cr)等の遮光材を加工して作成される。すなわち、石英基板上にクロム等からなる遮光膜が所望の形状で形成されて構成されている。遮光膜の加工は、例えば次の通りである。すなわち、遮光膜上に電子線感応レジストを塗布した後、その電子線感応レジストに電子線描画装置にて所望のパターンを描画する。続いて、現像により所望の形状のレジストパターンを形成した後、そのレジストパターンをマスクとしてドライエッチングやウエットエッチングで遮光膜を加工する。その後、レジストを除去した後、洗浄等を行い、所望の形状の遮光パターンを石英ガラス基板上に形成している近年、リソグラフィの解像度向上を目的として、上記のようなクロム等からなる遮光膜が所望の形状で形成されて構成されている通常のフォトマスク以外に、種々のマスク構造が提案されている。例えば特開平4-136854号公報においては、フォトマスクの遮光部を半透明にし、上記半透明部を通過するわずかな光と、透明パターンを通過する光の位相を反転させるようにしている。すなわち、パターンを転写するフォトレジストの感度以下の光を半透明膜から通過させ、この光と透明パターンを通過してきた光の位相が反転するようにした。半透明膜を通過した光は、主パターンである透明パターンを通過した光に対して位相が反転しているため、その境界部で位相が反転し、境界部での光強度が0に近づく。これにより、相対的に透明パターンを通過した光の強度と、パターン境界部の光強度の比は大きくなり半透明膜を用いない技術に比べコントラストの高い光強度分布が得られる。これは、ハーフトーン型位相シフトマスクと呼ばれている。ハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程においては、上記通常のフォトマスクの遮光膜がハーフトーン位相シフト膜に変更されたものであって、上記通常

のフォトマスクの製造工程とほぼ同じ工程で製造される。

【0004】また、露光波長よりはるかに小さなパターン解像が可能になる超解像と呼ばれる露光法がある。この超解像の中で最も微細パターン形成に効果があるのがレベソソ型位相シフト露光法と呼ばれるものである。レベソソ型位相シフト露光法は、通常のフォトマスクの露光透過部すなわちガラス面が出ているウインドウ部に遮光部を挟んで交互に露光の位相を反転させる位相シフトと呼ばれる構造物を形成し、このフォトマスクを用いて露光を行なう方法である。両透過部を通ってくる光の位相が反転しているため、間に入っている遮光部で光の振幅が0になるところが生じる。振幅が0であれば光強度も0となり、分解能が飛躍的に向上し、交互に並んだ遮光部と位相シフト部の周期が露光波長の1/2付近まで解像することができる。このような遮光部と位相シフト部を有するフォトマスクは、レベソソ型位相シフトマスクと呼ばれている。

【0005】半導体集積回路装置の高精度化、多様化に伴い、リソグラフィ技術で用いるフォトマスクとしては、通常のフォトマスクでもその加工精度はより厳しくなり、さらに、上記のような特殊な構造を有する位相シフトマスクも必要となる。そのため、一般に1品種の半導体集積回路装置を製造する為に作製される、20~40枚程度のフォトマスクの製造コストはきわめて大きく、また、フォトマスク製造に要する時間も長大となってきた。

【0006】一方、特開平5-289307号公報においては、フォトマスクにおける遮光膜を、従来のCrなどの金属膜に代えて、レジスト膜で形成する方法が開示されている。この方法は、通常の電子線レジストや光感応レジスト組成物中の主構成要素であるベンゼン環が、ArFエキシマレーザ光源の波長（およそ193nm）で極端に大きな光吸収帯を有する性質を利用したものである。そのため、この方法に依れば遮光膜のエッチング工程やレジストの除去工程が不要となり、フォトマスクのコスト低減、寸法精度向上、欠陥低減が可能である。現行のKrFエキシマレーザリソグラフィや電子線リソグラフィで用いられる多くの高性能レジストは、その塗膜性をもたらす高分子樹脂マトリックスに、フェノール性高分子樹脂やその誘導体を用いている。こうした樹脂中の芳香環（ベンゼン環）構造はArFエキシマレーザ光の波長付近に極めて大きな吸収極大を持ち、こうした樹脂塗膜では、わずか0.1μmの膜厚でも、波長193nmでの透過率は1%以下になる。従ってこうした樹脂をマトリックスとするレジスト材料であれば、通常よく用いる膜厚0.3μm程度であっても、そのArFエキシマレーザ光に対する透過率は、0.01%以下となつて、ほぼ理想的な遮光膜とすることができる。しかし、こうした樹脂も、現行のKrFエキシマレーザ光の

波長（およそ248nm）付近では、透過率が大きくなり、微細パターンを形成する膜厚（通常0.3~1.0μm程度）でも、透過率は30%以上となる。したがってこれらのレジストをそのまま、KrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクの遮光膜とすることはできない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】フォトマスクにおける遮光膜を、従来のCrなどの金属膜に代えて、露光波長における光吸収性の大きなレジスト膜で形成する上記技術においては、現行のKrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクに適用するための問題点やその対策が開示されていない。本発明の課題は、有機樹脂組成物の有する光吸収特性を利用する遮光体パターンを用いたKrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクを提供し、これを効果的に半導体装置の製造に適用する方法を提供することにある。KrFエキシマレーザリソグラフィは半導体装置のボリュームゾーンで使われている露光方法であり、KrFエキシマレーザリソグラフィで低コスト、高精度、低欠陥密度のマスクを用いて半導体装置を製造することのメリットは大きい。

【0008】現行の各種高性能レジストは、微細パターンを形成する膜厚（通常0.3~1.0μm程度）でも、KrFエキシマレーザ光の波長（およそ248nm）付近で透過率は30%以上となる。したがって、これらのレジストをそのまま、KrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクの遮光膜とすることはできない。容易に類推しうる対策としては、解像性能の高い現行のレジスト組成物中に、KrFエキシマレーザ光の波長域に吸収帯を有する化合物あるいは化学構造を組み込むことである。しかし、現行のレジストの有する解像性能等を大きく損なうことなく、その組成中に組み込むことの出来る光吸収化合物は明らかではない。すなわち、フォトマスク用石英ガラス基板上に、直接形成したレジストパターンをKrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクの遮光体として使用できるレジスト組成物およびこれを使用したKrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクを作製することが本発明の課題である。

【0009】また、公知技術では、Crなど金属遮光膜とほぼ同等の、極めて透過率の低いレジストパターンを遮光膜としており、これは明らかに、ハーフトーン膜として用いることは出来ない。すなわち、現行KrFエキシマレーザリソグラフィで用いられているハーフトーン型位相シフトマスク等の位相シフトマスクに、フォトマスク用石英ガラス基板上に、直接形成したレジストパターンを減光体として使用する方法を提供することも本発明の課題である。

【0010】有機樹脂組成物の有する光吸収特性を用いた遮光体は、通常のフォトマスクで用いられているCrなど金属無機膜からなる遮光体に比べ、耐光性等の耐久

性に制約がある。公知技術では、ボタン形成後の加熱処理でその耐久性を向上させる方法が述べられている。本発明者は、光吸収特性を利用した有機樹脂組成物遮光体のKrFエキシマレーザ露光装置による耐光性を、鋭意検討したところ、長時間にわたる露光環境下で、その露光波長の光吸収帯を有する有機樹脂塗膜は、例外無く何らかの光化学反応的変化が避けられないことを見出した。したがって、本発明の新たな課題は、何らかの光化学反応的変化が避けられない有機樹脂組成物遮光体を有するフォトマスクを効果的に用いる方法、特に、これを半導体集積回路装置の製造に効果的に用いる方法を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、有機樹脂組成物の有する光吸収特性を利用する遮光体ボタンを用いた

KrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクを提供し、これを効果的に半導体装置の製造に適用するための各課題を以下の項目に掲げた手段によって解決する。

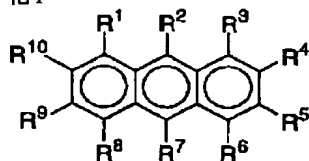
(1) 通常のフォトマスクにおけるCr等金属膜からなる遮光耐ボタンに代えてKrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクに適用できるレジストボタンを形成

さできる感光性樹脂塗膜には、下記一般式(化1)～(化8)で表される光吸収化合物のうち少なくとも1種類を含有することを特徴とする感光性樹脂組成物が使用できることを見出した。ここで「含有」とは、組成の1成分として配合せしめることのほか、他の組成物にあらかじめ化学的に結合せしめることも意味する。

【0012】

【化1】

化1

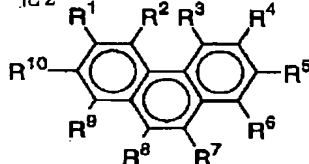


————— (1)

【0013】

【化2】

化2

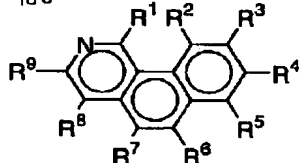


————— (2)

【0014】

【化3】

化3

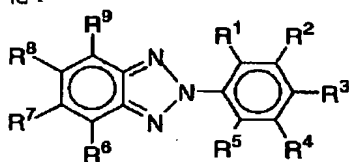


————— (3)

【0015】

【化4】

化4

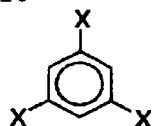


————— (4)

【0016】

【化5】

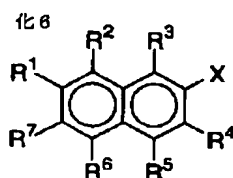
化5



————— (5)

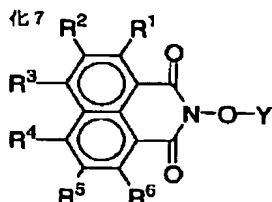
【0017】

【化6】



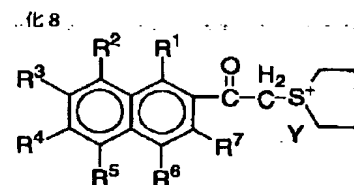
(6)

【0018】



(7)

【0019】



(8)

【0020】(ここでR1~R10は水素、炭素数1~4の置換または無置換アルキル基、ハロゲン、水酸基、メチロール基、炭素数1~4の置換または無置換アルコキシ基、ヒドロキシル基、フェニル基、メトキシ基、エトキシエチル基、シクロプロピル基、アセタール基、アセチル基の中から選ばれる原子または原子団を表わす。R1~R10は同一であってもよく、異なってもよい。また、Xはハロゲン化アセチル基、Yはカンファースルホネート、トリフルオロスルホネート、メタンスルホネート等の中から選ばれる原子または原子団を表す。)より具体的には、例えばアントラセン、アンスラロビン、ベンゾキノリン、フェナントール、1-メトキシ-9,10-ジプロモアントラセン、2-ヒドロキシメチルアントラセン、9-ヒドロキシメチルアントラセン、9-プロモアントラセン、9-クロロメチルアントラセン、メトキシメチルアントラセン、1-アミノアントラセン、アセトキシアントラセン、2-プロモアセチルナフタレン、2-プロモアセチル-6,7-ジメトキシナフタレン、1-ヒドロキシ-4-プロモ-2-プロモアセチルナフタレン、1,3,5-トリス(プロモアセチル)ベンゼン、3-プロモアセチルクマリン、3-プロモメチル-7-メトキシ-1,4-ベンゾキサジン-2-オンなどが挙げられる。

【0021】組成物中の光吸収化合物の含有量及び膜厚を調整し、形成した遮光体パターン部のKrFエキシマレーザ光に対する透過率が1%以下、より好ましくは0.5%以下としKrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクとして使用する。

(2) 上記光吸収化合物を含む感光性樹脂組成物は、KrFエキシマレーザリソグラフィにおけるハーフトーン型位相シフトマスク作製にも適用できる。組成物中の光

吸収化合物の含有量及び膜厚を調整し、形成した遮光体パターン部のKrFエキシマレーザ光に対する透過率が2%から16%の範囲、より好ましくは4%から9%の範囲とし、かつその膜を透過する露光光の透過部に対する位相差が π 、あるいは 3π 付近に調整し、KrFエキシマレーザリソグラフィ用ハーフトーン型位相シフトマスクとして使用する。

(3) 本発明のネガ型感光性樹脂組成物には、公知の化学増幅系ネガ型レジストの組成が利用できる。代表的な化学増幅系ネガ型レジスト組成は、水性アルカリ可溶性樹脂、酸触媒架橋剤、酸発生剤からなる。本発明のネガ型感光性樹脂組成物は、こうした組成に上記(1)で示した光吸収化合物を配合したものである。水性アルカリ可溶性樹脂としては、ノボラック樹脂やポリヒドロキシスチレンなどのフェノール樹脂類、その他、溶剤からの回転塗布製膜性を有する限り、種々の多核フェノール類も使用できる。酸触媒架橋剤にはヘキサメトキシメチルメラミン(HMMM)等が知られているが、そのほか、芳香環に直接結合した炭素上に水酸基を有する一級~三級アルコール類、例えば、m-キシレングリコール、p-キシレングリコール、1,3,5-ベンゼントリメタノール、2-ヒドロキシ-5-メチル-1,3-ベンゼンジメタノール、3,5,3,5'-ヘキサヒドロキシメチル-4,4'-ジヒドロキシジフェニル、ビス(3,5'-ジヒドロキシメチル-4'-ヒドロキシフェニル)メチレン、2,2-ビス(3,5'-ジヒドロキシメチル-4'-ヒドロキシフェニル)プロパン、1,4-ビス(2-(3,5'-ジヒドロキシメチル-4'-ヒドロキシフェニル)プロパン)ベンゼン、1,3-ビス(2-ヒドロキシ-2-プロピル)ベンゼン、1,3-ビス(3-ヒドロキシ-3-ペンチル)ベンゼン、1,3-ビス(2-ヒドロキシ-2-プロピル)-5-メト

キシベンゼン、5-クロロ-1,3-ビス(2-ヒドロキシ-2-プロピル)ベンゼン、5-ブロモ-1,3-ビス(2-ヒドロキシ-2-プロピル)ベンゼン、1,4-ビス(2-ヒドロキシ-2-プロピル)ベンゼン、1,4-ビス(3-ヒドロキシ-3-ペンチル)ベンゼン、1,4-ビス(2-ヒドロキシ-2-プロピル)-2,3,5,6-テトラメチルベンゼン、2-クロロ-1,4-ビス(2-ヒドロキシ-2-プロピル)ベンゼン、2-ブロモ-1,4-ビス(2-ヒドロキシ-2-プロピル)ベンゼン、1,3,5-トリス(2-ヒドロキシ-2-プロピル)ベンゼン、1,3,5-トリス(3-ヒドロキシ-3-ペンチル)ベンゼン、1,5-ビス(2-ヒドロキシ-2-プロピル)ナフタレン、1,4-ビス(2-ヒドロキシ-2-プロピル)ナフタレン、9,10-ビス(2-ヒドロキシ-2-プロピル)アントラセン等が使用できる。酸発生剤としては、トリフェニルスルホニウムトリフルオロメタンスルホン酸塩、ジフェニルヨードニウムトリフルオロメタンスルホン酸塩、ジエチルフェニルヨードニウムメタンスルホン酸塩等の非金属系のオニウム塩、p-トルエンスルホン酸-*o*-ジニトロベンジル、トリス(メタンスルホンルオキシ)ベンゼン、トリス(エタンスルホンルオキシ)ベンゼン等のスルホン酸エステル、トリフルオロメタンスルホン酸ナフチルイミド等のスルホン酸イミド、トリス(2,3-ジブロモプロピル)イソシアヌレート等のハロゲン化有機化合物等が挙げられる。

(4) 本発明の感光性樹脂組成物にKrFエキシマレーザ光の光吸収帯を付与する光吸収化合物としては(1)項に記述した化合物が上げられるが、特にアントラセン誘導体またはフェナンスレン誘導体が効果的である。アントラセンあるいはフェナンスレンの分子構造がKrFエキシマレーザ光の波長域に特に大きな吸収帯を有するためである。

(5) 中でも(3)項で述べたネガ型感光性樹脂組成物では分子構造中に、少なくともひとつのカルビノール基、例えばメチロール基を有するアントラセン誘導体またはフェナンスレン誘導体を用いることが効果的である。近年開発された各種高性能レジストは、パタン形成反応に酸触媒反応を利用した所謂化学増幅系レジストが殆どであるが、なかでもネガ型レジストでは、パタン露光によって組成物中の酸発生剤から生成した酸を触媒とする架橋反応を利用することが広く知られている。このようなネガ型樹脂組成物中にカルビノール基を有するアントラセン誘導体またはフェナンスレン誘導体が存在するとカルビノール基末端のメチロール構造部は、酸触媒によって効果的にそのアントラセン誘導体またはフェナンスレン誘導体を樹脂マトリックスに付加させる。このことにより塗布やベーク等のプロセス時の吸光度の低下を防止することができる。

(6) 本発明の感光性組成物のうち、形成された遮光体パタン部のKrFエキシマレーザ光に対する透過率が1%以下、より好ましくは0.5%以下に調整した組成物は、レベンソン型位相シフトマスクにおける遮光体パ

タンの形成にも使用できる。

(7) 半導体集積回路装置の製造に使用される投影露光法では、フォトマスクは長時間にわたり露光環境下におかれ、その露光波長の光吸収帯を有する有機樹脂遮光体パタンは、何らかの光化学反応的変化が避けられない。そこで、有機樹脂組成物遮光体を有するフォトマスクを半導体の製造に効果的に用いるには、一般に1品種の半導体集積回路装置を製造する為に作製される、20~40枚程度のフォトマスクのうち、選択された一部のフォトマスクに、適用することが製造コスト上有効である。たとえば、システムLSIと呼ばれる半導体集積回路装置では、トランジスタ素子レベルのゲート加工工程は微細性も高く、高精度かつ種々の顧客向け品種共通であるから、Crなど金属遮光体パタンを有する通常フォトマスクや高価な耐久性のある位相シフトマスクを用いることが出来る。これに対し、配線層の加工では、顧客ごとに仕様異なり、しかも、加工に用いる露光回数も少数である場合が多い。このような配線工程に本発明のKrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクを適用すれば、システムLSIの製造コストを効果的に下げることができる。同様に、本発明のハーフトーン型位相シフトマスクあるいはレベンソン型位相シフトマスクも適用工程を選択、使い分けることで種々の半導体装置の製造コストを効果的に下げることが可能となる。

(8) 当然ながら、加工層により使い分けるのは本発明の各種KrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクだけでなく、通常のマスク製造方法で作られたArFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクとの間でも可能である。たとえば、ゲート電極形成工程までの露光には遮光体パタンが金属膜あるいは通常の電子線レジストからなるArFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクを用い、それより上層の加工では、適宜、本発明のKrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクを用いて、多品種にわたるシステムLSIを低コストで効果的に製造することが出来る。

(9) 高価な遮光体パタンが金属膜からなるArFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクの代わりに、トランジスタのゲート電極工程用フォトマスクとして、本発明のひとつである遮光体に有機樹脂膜を用いたレベンソン型位相シフトマスクを用いることも可能である。

【0022】

【発明の実施の形態】以下に、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例にのみ限定されるものではない。

(感光性樹脂組成物例1) 水性アルカリ可溶性樹脂マトリックスとして多核フェノール化合物TPPA1100-3C(本州化学工業株式会社製):100重量部、架橋剤としてヘキサメトキシメチルメラミン(HMM):10重量部、酸発生剤としてカンファスルホン酸ナフチルイミド:10重量部、光吸収化合物として9-

アントラセンメタノール：30重量部をプロピレングリコールモノメチルエーテルに溶解させ、これを、孔径0.2 μ mのテフロン（登録商標）メンブレンフィルタで濾過しネガ型感光性樹脂組成物の溶液を調合した。シリコンウエハ上にこの溶液を滴下、回転塗布後100℃、2分間熱処理して、厚さ0.32 μ mの塗膜を得た。電子線描画装置（電子線の加速電圧は30kV）で、テストパターンを描画後、水酸化テトラメチルアンモニウム（2.38%）水溶液を現像液に用いて40秒間現像したところ、電子線照射量、6.0 μ C/cm²で良好なネガ型パターンを得た。また、厚さ1mmの石英ガラス板上に回転塗布法により、塗膜を形成し、ホットプレート上で100℃10分間加熱後、その波長248nmにおける吸光度を測定したところ、消衰係数kは0.28であった。ここで消衰係数kとは、膜厚dの膜に波長 λ の光を照射したときの透過率をTとしたとき、 $k = -\lambda \cdot \ln(T) / (4\pi \cdot d)$

で定義される値のことで、光の吸収を表す物理量のことである。複素屈折率の虚部と同じものである。

（感光性樹脂組成物例2）感光性樹脂組成物例1で9-アントラセンメタノールの配合量を30重量部から15重量部にしたところ、得られたネガ型パターン部の波長248nmにおける消衰係数kは0.12であった。

（感光性樹脂組成物例3）多核フェノール化合物TPPA-1000-P（本州化学工業株式会社製）と9-クロロメチルアントラセンをジメチルスルホキシド中、苛性カリ下で反応させ、アントラセンメチル構造を付加した水性アルカリ可溶性多核フェノール化合物を得た。その塗膜の水酸化テトラメチルアンモニウム（2.38%）水溶液に対する溶解速度は、82nm/sであった。また、トリス（4-ヒドロキシフェニル）メタンと2-クロロエチルビニルエーテルとをジメチルスルホキシド中、水素化ナトリウム下で反応させ、トリス（4-ヒドロキシフェニル）メタンが有する3つの水素基の水素原子すべてがエチルビニルエーテル基で置換した3官能ビニルエーテル化合物を得た。上記アントラセンメチル構造を付加した多核フェノール化合物と上記3官能ビニルエーテル化合物をピリジニウムp-トルエンサルホネートを触媒として1,4-ジオキサン中で反応させ、白色固体樹脂を得た。この白色固体樹脂：100重量部、酸発生剤として、ピロガロールとエタンスルホン酸の三置換体エステル：4重量部を2-ヘプタノンに溶解して、溶液を調合し、孔径0.2 μ mのテフロンメンブレンフィルタを用いて濾過し、ポジ型感光性樹脂溶液を得た。シリコンウエハ上にこの溶液を滴下、回転塗布後100℃、5分間熱処理して、電子線描画装置（電子線の加速電圧は30kV）で、テストパターンを描画後、100℃、2分間熱処理した。水酸化テトラメチルアンモニウム（2.38%）水溶液を現像液に用いて30秒間現像したところ、未露光部の膜減はまったく見られず、

電子線照射量、7.0 μ C/cm²で良好なポジ型パターンを得た。また、石英ガラス板上に塗布したこのポジ型感光性樹脂塗膜の波長248nmにおける消衰係数kを測定したところ、0.26であった。

（実施形態1）感光性樹脂組成物例1で調合されたネガ型感光性樹脂組成物を用いたKrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスクの製造方法の一例を図面に基いて説明する。図2（a）から（e）は、本発明のKrFエキシマレーザリソグラフィ用フォトマスク製造の工程断面図を模式的に示したものである。図2（a）は、本発明に用いるフォトマスク基板の断面図を表す。ここで、101は石英ガラス基板であり、102は、あらかじめ設けられたCr等金属膜からなる基板周辺領域遮光体である。この部分は、リソグラフィ工程での回路パターン転写領域とはならない。このように回路パターン形成前の状態のフォトマスク基板をブランクと称する。図2（b）は、ブランク上に、感光性樹脂組成物例1で調合されたネガ型感光性樹脂組成物を塗布した断面をあらわす。ここでは、当該ネガ型感光性樹脂組成物を回転塗布法にて塗布、100℃に温度調整されたホットプレートで10分間加熱し、0.5 μ mの膜厚の感光性樹脂組成物層103を形成した。次に図2（c）で表すように、電子線描画時のチャージアップによるパターンシフトを防止する水溶性導電膜104を塗布した。図2（d）は、電子線描画装置で所望のパターン形状に電子線105を照射し、感光性樹脂層103に所望パターンの潜像106を形成した断面模式図である。このとき電子線の加速電圧は50kV、照射量は6 μ C/cm²であった。電子線照射装置から取り出された基板は100℃に温度調整されたホットプレートで10分間加熱したのち、水酸化テトラメチルアンモニウム2.38%水溶液を現像液に用いて40秒間現像し、さらにイオン純水にてリンス後、乾燥させ、図2（e）で示されるように、所望のネガ型パターン107を得た。ブランク上に0.8 μ mのライン&スペースパターンを良好に解像することができた。これは、5：1縮小投影露光方式のKrFステップでは、半導体基板上で0.16 μ mの微細加工寸法に相当する。形成されたネガ型パターン部の波長248nmにおける透過率は0.3%であった。得られたフォトマスクは、通常のCr等金属遮光体を用いたKrFリソグラフィ用フォトマスクと同等の転写性能を有していた。

【0023】本マスクでは精度の高いエッチングが求められる回路パターンのGrエッチング加工工程がないためマスク製造時間が短く、欠陥発生も少なかった。エッチングによる寸法精度劣化も少ないため、マスク面内精度が高く、寸法のパターン疎密およびパターン寸法依存性も小さく設計に忠実なマスクが製造できた。

【0024】なお、本実施の形態では電子線描画を用いたが、これに限らず通常のフォトマスク製造に使用される波長363.8nmのArイオンレーザを光源とする

レーザ描画技術を使用することもできる。本発明の感光性樹脂組成物は光吸収化合物を含有することによりKrFエキシマレーザ光の波長域に光吸収帯を有する。そのためこの領域でのパターン露光により微細パタンの解像に適さない。本発明の組成物では、レジスト膜厚に対し40%以上の透過率をしめす紫外線等をパターン露光に使用することにより良好な遮光体パターンを解像・形成できた。レーザ描画はチャージアップの問題が起らず、また描画時の蓄熱の問題が生じにくいという特長がある。したがってレーザ描画の場合は特別に導電膜を形成する必要はない。

【0025】本実施の形態はネガ型のパターン形態になっているが、ネガ型のパターン形成は下記の点で有利である。フォトマスク基板上に形成されたポジ型感光性樹脂(レジスト)パターンをそのまま遮光体パターンとする場合、所望パターンを形成する基板中央部に対し、基板周辺部には未露光の樹脂塗膜がそのまま残留する。石英ガラス基板の材質にくらべ脆弱な樹脂層が基板周辺部にそのまま残っていると、検査装置や露光装置等に装着した際の機械的衝撃に起因する剥離や削れ等による異物の発生原因となる。ネガ型であれば、周辺部のパターン未露光部の樹脂層は現像とともに自動的に除去されるのでそのような問題はなくなる。

【0026】また本実施の形態では基板周辺領域遮光体を石英ガラス基板にあらかじめ恒久的なCr等金属膜で形成している。このようなマスク基板は、用済み後、有機樹脂遮光体パターン部を除去・再生利用することが出来るという特長がある。またこのCr枠(基板周辺領域遮光体)の中には露光装置のアライメントマークなどが形成されているが、一部の露光装置ではこのマーク検出光に660nmなどの長波長の光を用いている。Crのような金属でマークを形成しておくことによりマークを十分なコントラストで検出することが可能となる。なお、一部の露光装置では露光光、すなわちKrFエキシマレーザ光を用いてマーク検出している。このような露光装置を用いる場合は本実施の形態のレジストを用いて基板周辺領域遮光体を形成することが出来る。この場合はブランクスが石英ガラス基板単体で良くなり、コストを下げる事が可能となる。

【0027】また本実施の形態では遮光部のKrFエキシマレーザ光に対する透過率を0.3%としたが、レジスト膜厚を変えて評価したところ透過率が1%を越えると位相の制御されていない状態でのハーフトーン効果が出て、設計寸法に対するウエハ上でのパターン寸法忠実度が下がるという問題が生じた。1%以下では配線等特に高い寸法精度が要求されない場合は問題なかった。ゲートのように高い寸法精度が要求される場合は、0.5%以下とすればよいことがわかった。

(実施形態2)感光性樹脂組成物例2を用いて、実施形態1で述べた工程に従って所定のネガ型パターンをブラン

クス上に形成したところ、形成された膜厚0.41 μ mのネガ型パターン部の波長248nmにおける透過率は8.5%であった。ブランクス上に形成されたパタンの解像性能は実施形態1と同等であった。この材料の248nmの光に対する屈折率は1.9であり、この膜厚条件は位相差を 3π 与える条件となっている。したがってハーフトーン位相シフトマスクとして機能する。実際、得られたフォトマスクは、KrFリソグラフィ用ハーフトーン型位相シフトマスクと同等の転写性能を有していた。ハーフトーン型位相シフトマスクでは、使用中の遮光部の透過率が変化しては、その効果に問題がある。しかし、本実施形態のフォトマスクは、KrFエキシマレーザ光を約100J/cm²照射しても、その透過率にはほとんど変化がなかった。露光波長域に吸収帯を有する有機樹脂膜に長時間の露光を施すと何らかの光化学変化を引き起こし、その吸収スペクトルに変化を生ずる。本実施形態で用いた樹脂組成物では、露光波長がその吸収スペクトル変化の「等吸収点」に極めて近い波長であるため、透過率の変動が殆どなかった。図3に、露光前後の吸収スペクトル変化の模式図を示す。光化学変化による吸収スペクトルの変化では、出発物質の吸収スペクトルと生成物の吸収スペクトルの重なり合う点がある。これを等吸収点と呼び、この波長では露光量によって吸光度が変化しない。本発明のひとつであるアントラセン誘導体を光吸収化合物に用いた感光性樹脂組成物では、KrFエキシマレーザ光の波長付近に、この等吸収点があり、ハーフトーン型位相シフトマスク作製に効果的であった。なお、通常のCr等金属膜遮光体の代替遮光体とする場合には、露光前後で吸光度が大きく減少する波長域を避け、図2に示したように、むしろ吸光度が増加する波長域を露光波長領域とすることが望ましい。なおここでは位相差が 3π となる膜厚に設定したが、このような位相反転に対し $\pm 10^\circ$ の範囲に位相差を収めればハーフトーン位相シフト効果が得られることが膜厚と9-アントラセンメタノールの配合量を変えた実験からあきらかになった。

【0028】また本実施の形態では波長248nmにおける透過率が8.5%の場合を述べたが、位相反転となる膜厚に設定し、9-アントラセンメタノールの配合量を変えて透過率と転写パターンの効果の関係を調べた。その結果、透過率が2%から16%の範囲でハーフトーン位相シフト効果が得られた。2%未満では十分な解像度向上効果は確認されなかった。16%を越えるとサブピークの悪影響が現れ、遮光すべきところの一部が露光されるという問題が生じた。このサブピークの問題は解像度以下の微細な補助パターンを遮光部に配置することにより避けることが可能となるが16%を越えるとその補助パターンを極めて多数、しかも多様な補助パターンを配置する必要がある実用的ではなかった。4%から9%の範囲では補助パターンを用いなくても、あるいは用

いてもパターン幅が一種類の補助パターンで良く、パターンレイアウトが容易であった。

(実施形態3) 感光性樹脂組成物例1の代わりに、感光性樹脂組成物例3で調合されたポジ型感光性樹脂組成物を持ちいて、実施形態1で述べた工程に従って、所定のホールパターン用フォトマスクを作製した。この工程では感光性樹脂層103形成後、周辺領域遮光体上の基板端部の樹脂層をあらかじめ溶剤で除去する工程を加えた。これにより、その後の露光装置等に装着した際の機械的衝撃に起因する剥離や削れ等による異物の発生を防止することが出来た。加速電圧50kVのマスク描画用電子線描画装置で、照射量 $12\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 、露光後ベークは $100^\circ\text{C}10$ 分、現像は水酸化テトラメチルアンモニウム2.38%水溶液で60秒間現像、イオン純水リンス乾燥後のブランク上での感光性樹脂層1.03の膜厚 $0.5\mu\text{m}$ で、 $1.0\mu\text{m}$ 角のホールパターンを良好に得られた。これは、5:1縮小投影露光方式のKrFステッパでは、半導体基板上で $0.2\mu\text{m}$ の微細加工寸法に相当する。このとき未露光部の膜減は、観測されなかった。また、残膜部分の波長 248nm における透過率は0.4%であった。

【0029】ポジ型はホールパターンのようにダークフィールド領域が大半を占める場合に欠陥の観点から特に有効である。すなわち異物がマスク上にのってもダークフィールドの上ののっているかぎりはマスク欠陥にならないからである。

(実施形態4) あらかじめブランク上に、基板掘り込み型の所定の位相シフトパターンを、通常の電子線リソグラフィ技術とドライエッチング技術を用いて形成した以外は、実施形態1の工程に従って、所定の遮光体パターンを形成した。得られたフォトマスクは、KrFリソグラフィ用レベンソン型位相シフトマスクと同等の転写性能を有していた。

(実施形態5) 半導体集積回路装置のゲート加工工程までは、通常のCrなど金属遮光体パターンを有するフォトマスクを用いたKrFリソグラフィ技術を用いて加工し、それより上層の配線層の加工に、実施形態1に従って作製したフォトマスクを適用した。また、配線層間のスルーホール層の加工には、実施形態3に従って作製したホールパターン用フォトマスクを適用した。作製したフォトマスクは、いずれも、通常のフォトマスクと同様に遮光体パターン形成面を保護するベリクルを装着し、開口数(NA0.6)、縮小率が $1/5$ のKrFエキシマレーザステッパに装着し、フォトマスク上に形成された所定の配線パターンを半導体ウエハ上に塗布されたKrF用ポジ型レジストに転写した。現像後のウエハ上のポジ型レジストパターンは通常のフォトマスクを使用したものと比べ、遜色のない品質であった。ゲート層まで共通で、配線層の仕様の異なる複数の品種について、その配線層のフォトマスクに実施形態1によって作成したフォトマ

スクを適用したことにより、これらすべてに、通常のCrなど金属遮光体パターンを有するフォトマスクを作製した場合に比べ、1品種あたりの製造コストを大幅に引き下げることができた。

(実施形態6) 半導体集積回路装置のゲート加工工程までは、通常のCrなど金属遮光体パターンを有するフォトマスクおよびレベンソン型位相シフトマスクを用いたKrFリソグラフィ技術を用いて加工し、それより上層にある配線層の加工の一部に、実施形態2に従って作製したハーフトーン型位相マスクを適用した。作製したハーフトーン型位相マスクは、従来のハーフトーン型位相マスクと同様に遮光体パターン形成面を保護するベリクルを装着し、開口数(NA0.6)、縮小率が $1/5$ のKrFエキシマレーザステッパに装着し、フォトマスク上に形成された所定の配線パターンを半導体ウエハ上に塗布されたKrF用ポジ型レジストに転写した。その結果、現像後のウエハ上のポジ型レジストパターンは、サブピークによる転写欠陥の発生もなく $0.2\mu\text{m}$ の微細配線パターンを転写することが出来、従来のハーフトーン型位相マスクを使用したものと比べ、遜色のない品質であった。ゲート層まで共通で、配線層の仕様の異なる複数の品種について、その配線層のフォトマスクに実施形態1によって作成したフォトマスクおよび実施形態2によって作成したハーフトーン型位相マスクを適用したことにより、これらすべてに、通常のCrなど金属遮光体パターンを有するフォトマスクを作製した場合に比べ、1品種あたりの製造コストを大幅に引き下げることができた。

(実施形態7) 記憶用半導体集積回路装置のゲート加工工程に実施形態4に従って形成したレベンソン型位相シフトマスクを用いたKrFリソグラフィ技術を用いて加工した。メモリマツト部に相当する領域の繰返しパターン部の位相シフトパターンをあらかじめフォトマスク基板上に加工しておき、この領域の遮光パターン部および周辺回路領域の所定パターンに対応する遮光体パターンを本発明の感光性有機樹脂組成物で形成した。そのため周辺回路設計の変更に対し、樹脂遮光体パターンの剥離で、高価な位相シフトパターンを再利用できたので、開発にかかるコストおよび時間を大幅に低減することが出来た。

(実施形態8) 感光性樹脂組成物例1を用いて、実施形態1で述べた工程に従って所定のネガ型パターンをブランク上に形成したところ、形成された膜厚 $0.14\mu\text{m}$ のネガ型パターン部の波長 248nm における透過率は14%であった。この材料の 248nm の光に対する屈折率は1.9であり、この膜厚条件は位相差を π 与える条件となっている。したがってハーフトーン位相シフトマスクとして機能する。サブピークが発生する部分を予め光学シミュレーションによって求め、その部分に補助パターン(解像限界以下の微細な開口パターン)をマスク上にレイアウトしておいた。その結果高い解像度向上効果が得られた。

(実施形態9) 第9の実施の形態を図1を用いて説明する。同図の101は石英ガラス、107はレジスト、108は露光光(KrFエキシマレーザ光)、109は投影レンズ、110はウエハ、111は被加工膜、112は反射防止膜、そして113がレジストである。ここでは実施の形態1で述べたフォトマスクを用いたがそれに限らず、実施の形態2、3あるいは4のフォトマスクを用いることも出来る。被加工膜111としては酸化膜を例に用いたがこれに限るものではなく、WやAl等の金属膜、ポリシリコン膜、窒化膜、炭化膜等でも良い。反射防止膜112としては塗布型有機膜をここでは用いたが、これに限らずSiONのような無機膜でも良い。また転写手法精度は落ちるが反射防止膜を省くことも出来る。ウエハ上のレジスト113にはフェノール樹脂をベース樹脂とした化学増幅系レジストを用いた。この実施の形態で特徴的なことは、レジスト107も113もベンゼン環を含んだレジストであるということと、露光光にKrFエキシマレーザ光を用いたことである。フォトマスク上のレジストはKrFエキシマレーザ光を十分遮光し、耐光性もある。ベンゼン環を含んだフェノール樹脂ベースのレジストなので現像膨潤もなく現像コントラストも高い解像度の良い感光性組成物である。一方ウエハ上のレジストもベンゼン環を含んだフェノール樹脂ベースのレジストなのでドライエッチング耐性が高いという特長がある。実際、露光を行なった後現像を行なってレジストパターンを形成し、ドライエッチングによって反射防止膜112および被加工膜111にパターン転写を行なったところ表面や側面荒れの発生なく、被加工膜に対し高精度なパターン転写を行なうことが出来た。

【0030】特開平5-289307号公報では、本実施の形態と同様フォトマスクの遮光体にベンゼン環を含むレジストを用いているがその遮光特性からArFエキシマレーザ光、あるいはそれより波長の短い露光を対象としており、またその露光波長の関係からウエハ上被加工膜のレジストとしてはアクリル系や脂環系のレジストが用いられる。これらのレジストはエッチング耐性がベンゼン環系レジストに比べ劣り、また特に酸化膜に対するエッチング表面、側面荒れが激しいという問題がある。本発明の形態に於けることによりこれらの問題が解決された。

(実施形態10) 第10の実施の形態はツイン・ウエル方式のCMIS(Complementary MIS)回路を有する半導体集積回路装置の製造に関するもので図4を用いて説明する。

【0031】図4は、その製造工程中における半導体ウエハの要部断面図である。半導体ウエハを構成する半導体基板3sは、例えばn型の平面が円形状のSi単結晶からなる。その上部には、例えばnウエル6nおよびpウエル6pが形成されている。nウエル6nには、例えばn型不純物のリンまたはAsが導入されている。ま

た、pウエル6pには、例えばp型不純物のホウ素が導入されている。nウエルおよびpウエルは以下のようにして形成する。まず半導体基板3s上にマスク会わせ用のウエハアライメントマークを形成する(図示せず)。このウエハアライメントマークは選択酸化工程を付加してウエル形成時に作成することもできる。その後図4(a)に示すように半導体基板3s上に酸化膜17を形成し、引き続きインプラマスク用のレジストパターン18を酸化膜17上に形成する。その後リンをインプラした。このインプラマスク用レジストパターン18の形成には、KrF縮小投影露光装置および実施の形態1に記載のレジストパターンを遮光体とするKrF用のフォトマスクを用いた。

【0032】ここでは、最小パターン幅がこの工程の場合2μmと大きいので通常はi線リソグラフィを用いるが、ここではKrFを用いた。アイソレーションやゲート形成をするときと同じKrF露光装置を用いることにより、合わせ精度を高められるという特長があった。また製造する素子の数が少量のデバッグ用途の場合、使用露光装置をKrF露光装置1台に限定することにより、装置償却負担が減るという効果もあった。ウエハ上のレジストとしては、KrFに感度を持つフェノール樹脂と感光剤からなる非化学増幅系のポジ型レジストを用いた。フェノール樹脂にはベンゼン環が含まれている。フェノール樹脂のレジストはインプラ阻止効率が高く、インプラ用レジストとして適する。なお膜厚は1μmとした。

【0033】その後アッシングを行ってレジスト18を除去し、酸化膜17を除去した後、図4(b)に示すように半導体基板3s上に酸化膜19を形成し、引き続きインプラマスク用のレジストパターン20を酸化膜19上に形成する。その後リンをインプラした。このインプラマスク用レジストパターン20の形成にも上記同様KrF縮小投影露光装置および実施の形態1に記載のレジストパターンを遮光体とするKrF用のフォトマスクを用いた。ここでもこの工程の場合最小パターン幅は2μmと大きかった。

【0034】その後、レジスト20と酸化膜19を除去し、半導体基板3sの主面(第1の主面)に、例えば酸化シリコン膜からなる分離用のフィールド絶縁膜7を溝型アイソレーションの形で形成した。(図4(c))なお、アイソレーション方法としてはLOCOS(Local Oxidization of Silicon)法を用いてもよい。但し、LOCOS法ではバースピークが伸びるなどの理由によってレイアウト寸法が大きくなるという問題がある。このアイソレーション作製時のリソグラフィには、KrFエキシマレーザ縮小投影露光装置および実施例1に記載のレジストパターンを遮光体とするKrFエキシマレーザ用のフォトマスクを用いた。

【0035】このフィールド絶縁膜7によって囲まれた活性領域には、nMIS QnおよびpMIS Qpが形成されている。nMIS QnおよびpMIS Qpのゲート絶縁膜8は、例えば酸化シリコン膜からなり、熱酸

化法等によって形成されている。また、nMIS Qn および pMIS Qp のゲート電極 9 は、例えば低抵抗ポリシリコンからなるゲート形成膜を CVD 法等によって堆積した後、その膜を、KrF エキシマレーザ縮小投影露光装置および実施例 1 に記載のレジストパターンを遮光体とした KrF エキシマレーザ用のフォトマスクを用いてリソグラフィを行い、その後エッチングを行って形成されている。なおこのゲート電極 9 は、KrF エキシマレーザ縮小投影露光装置および実施例 2、3、4、8 のいずれかに記載のレジストパターンを遮光体とした KrF エキシマレーザ用の位相シフト型フォトマスクを用いてリソグラフィを行っても形成できた。

【0036】nMIS Qn の半導体領域 10 は、例えばリンまたはヒ素を、ゲート電極 9 をマスクとして半導体基板 3 s にイオン注入法等によって導入することにより、ゲート電極 9 に対して自己整合的に形成されている。また、pMIS Qp の半導体領域 11 は、例えばホウ素を、ゲート電極 9 をマスクとして半導体基板 3 s にイオン注入法等によって導入することにより、ゲート電極 9 に対して自己整合的に形成されている。ただし、上記ゲート電極 9 は、例えば低抵抗ポリシリコンの単体膜で形成されることに限定されるものではなく種々変更可能であり、例えば低抵抗ポリシリコン膜上にタングステンシリサイドやコバルトシリサイド等のようなシリサイド層を設けてなる、いわゆるポリサイド構造としても良いし、例えば低抵抗ポリシリコン膜上に、窒化チタンや窒化タングステン等のようなバリア導体膜を介してタングステン等のような金属膜を設けてなる、いわゆるポリメタル構造としても良い。

【0037】まず、このような半導体基板 3 s 上に、図 4 (d) に示すように、例えば酸化シリコン膜からなる層間絶縁膜 12 を CVD 法等によって堆積した後、その上面にポリシリコン膜を CVD 法等によって堆積する。続いて、そのポリシリコン膜を、KrF エキシマレーザ縮小投影露光装置および上述のレジストパターンを遮光体とする KrF エキシマレーザ用のフォトマスクを用いてリソグラフィをおこない、エッチングしてパターンニングした後、そのパターンニングされたポリシリコン膜の所定領域に不純物を導入することにより、ポリシリコン膜からなる配線 13 L および抵抗 13 R を形成する。ウエハ上のレジストには、KrF エキシマレーザ光に感度を持つフェノール樹脂をベース樹脂とした化学増幅系レジストを用いた。フェノール樹脂をベース樹脂とするレジストはエッチング耐性が高く、高い加工精度が得られた。要求されるパターン寸法と寸法精度がゲートのそれより緩いため ArF エキシマレーザ露光より露光コストの安い KrF エキシマレーザ露光を用いてコストを削減した。ArF エキシマレーザ露光を用いるか KrF エキシマレーザ露光を用いるかの判断は必要な最小寸法と要求寸法精度およびその工程にかかるコストの見合いで決める。ArF エキシマ

レーザを用いてパターンを形成する場合には汎用に売られているノボラック樹脂、あるいはフェノール樹脂を用いた化学増幅系の電子線レジストを遮光体としたフォトマスクを用いた。汎用のレジストを用いることによりレジストコストを下げる事が出来るという特長がある。ArF 露光を行うときにはウエハ上のレジストにはアクリル系の化学増幅型レジストか、脂環系の化学増幅系レジストを用いた。ベンゼン環を含んだレジストは光の透過率が低くウエハ用のレジストとしては用いることができなかった。その後、図 4 (e) に示すように、半導体基板 3 s 上に、例えば酸化シリコン膜 14 を CVD 法等によって堆積した後、層間絶縁膜 12 および酸化シリコン膜 14 に半導体領域 10、11 および配線 13 L の一部が露出するような接続孔 15 を KrF エキシマレーザ縮小投影露光装置および上述の実施例 8 のレジストパターンを遮光体とする KrF エキシマレーザ用のハーフトーン型位相シフトマスクを用いてリソグラフィを行い、エッチングして穿孔する。ウエハ上のレジストには、KrF エキシマレーザ光に感度を持つフェノール樹脂をベース樹脂とした化学増幅系レジストを用いた。

【0038】ここでは接続孔の孔径が $0.18\mu\text{m}$ であったため、KrF エキシマレーザ露光を用いたが、 $0.15\mu\text{m}$ より小さな孔径が必要な場合は ArF エキシマレーザ露光を用いれば良い。KrF エキシマレーザ露光では $0.15\mu\text{m}$ より小さな孔径を安定して解像することが困難なためである。そこで用いるフォトマスクの遮光体には汎用に売られているノボラック樹脂、あるいはフェノール樹脂を用いた化学増幅系の電子線レジストを用いた。

【0039】さらに、半導体基板 3 s 上に、チタン (Ti)、窒化チタン (TiN) およびタングステン (W) からなる金属膜をスパッタリング法および CVD 法により順次堆積した後、その金属膜を KrF エキシマレーザ縮小投影露光装置および上述の実施例 1 のレジストパターンを遮光体とする KrF エキシマレーザ用のフォトマスクを用いてリソグラフィを行い、エッチングすることにより、図 4 (f) に示すように、第 1 層配線 16 L1 を形成する。ウエハ上のレジストには、KrF エキシマレーザ光に感度を持つフェノール樹脂をベース樹脂とした化学増幅系レジストを用いた。これ以降は、第 1 層配線 16 L1 と同様に第 2 層配線以降を形成し、半導体集積回路装置を製造する。ここでは配線ピッチが $0.36\mu\text{m}$ であったため、KrF エキシマレーザ露光を用いたが、解像度の関係から $0.3\mu\text{m}$ より配線ピッチパターンを形成する場合は ArF エキシマレーザ露光を用いる。ArF 露光の場合のフォトマスクの遮光体には汎用に売られているノボラック樹脂、あるいはフェノール樹脂を用いた化学増幅系の電子線レジストを用いる。

【0040】カスタム LSI 製品では特に第 1 配線層を中心にマスクデバッグが行われることが多い。第 1 配線層へのマスク供給 TAT の速さが製品開発力を決め、かつ必

要フォトマスク枚数も多くなるのでこの工程に本発明を適用するのは効果が特に大きい。また第2層配線での最小パターン寸法は $0.35\mu\text{m}$ (パターンピッチは $0.8\mu\text{m}$)と露光波長($0.248\mu\text{m}$)に比べて十分太いものであった。そこでそこには本発明の実施例1のレジストパターンを遮光体とするKrFエキシマレーザー用のフォトマスクを適用した。

【0041】本発明のレジストパターンを遮光体とするフォトマスクを用いることにより、Crマスクよりコストを低くし、またTATを短くすることができた。従来のレジストを遮光体としたフォトマスクではKrF露光に適さなかったが、本発明により広く用いられているKrF露光においてもレジストを直接遮光体としたフォトマスクが使用可能となり、適用範囲が大幅に広がった。

【0042】

【発明の効果】本発明の一形態によれば、KrFリソグラフィ用フォトマスクの遮光体パターンを、現像処理にて直接形成できることから、遮光膜のエッチング工程やレジストの除去工程が不要となり、フォトマスクのコスト低減、寸法精度向上、欠陥低減が可能である。また、必要に応じて、低コストかつ製造時間の短いフォトマスクを使用できることから、少量多品種の半導体集積回路装

置を短時間に、かつ低コストで製造することができるといふ効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の構成を示す説明図。

【図2】本発明の有機樹脂遮光体を用いたKrFリソグラフィ用フォトマスクの製造工程を示す断面図。

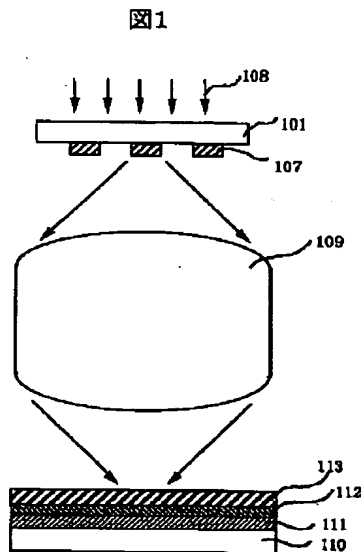
【図3】有機樹脂組成物塗膜における露光前後の吸収スペクトル変化を示す特性図。

【図4】半導体集積回路装置の製造工程中における半導体ウエハの要部断面図。

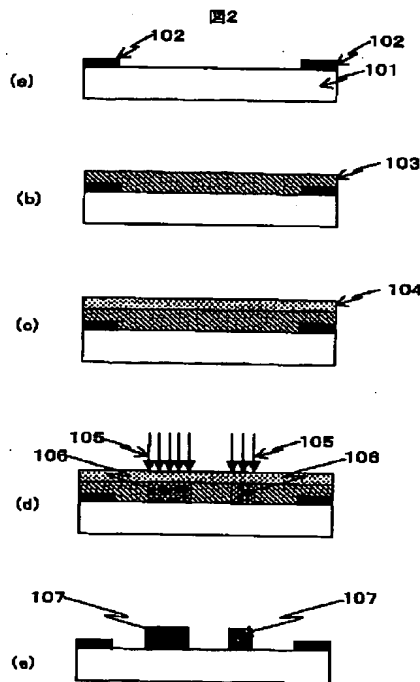
【符号の説明】

3s…半導体基板、6n…nウエル、6p…pウエル、7…フィールド絶縁膜、8,9…ゲート絶縁膜、10…nMISQnの半導体領域、11…pMISQpの半導体領域、12…層間絶縁膜、13L…配線、13R…抵抗、14…HLD(酸化シリコン)膜、15…接続孔、16L1…第1層配線、101…石英ガラス基板、102…Cr、103…感光性樹脂組成物層、104…水溶性導電膜、105…所定パターン形状の照射電子線、106…潜像、107…遮光体パターン、108…露光光、109…投影レンズ、110…ウエハ、111…被加工膜、112…反射防止膜、113…レジスト。

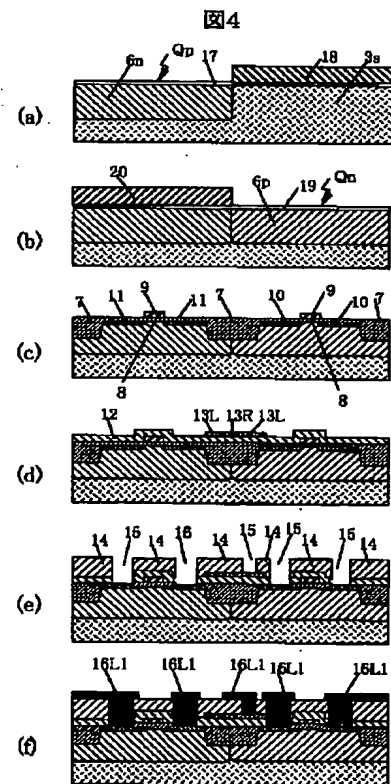
【図1】



【図2】

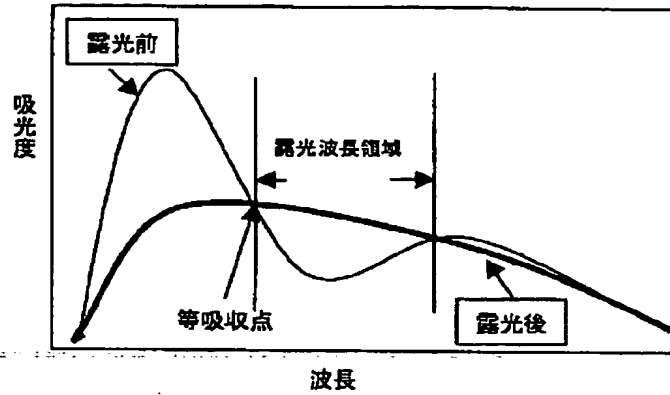


【図4】



【図3】

図3



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	コード (参考)
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 R
// H 0 1 L 21/8238			5 0 2 P
27/092		27/08	3 2 1 N
(72)発明者 荒木 努		F ターム (参考)	2H025 AA02 AA11 AA18 AB08 AB20
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株			AC08 AD01 BJ10 CC13 DA19
式会社日立製作所半導体グループ内			2H095 BA07 BA12 BB03 BC06 BC08
(72)発明者 百瀬 聡			BC27
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株			2H097 CA13 FA02 GB02 LA09 LA10
式会社日立製作所半導体グループ内			LA17
(72)発明者 山口 修			5F048 AA01 AA09 BB05 BB08 BE03
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株			BF07 BG12 BG14
式会社日立製作所半導体グループ内			

【0071】なお、ハンドオーバーの優先順位は、先ず異システム間のハンドオーバーを実行し、続いて同一システム内の周辺基地局へのアイドルハンドオーバーを実行するように定めることも可能である。

【0072】また、ハンドオーバーの優先順位は、他システムの基地局の検索結果と、接続中（同期確立中）のシステムの周辺基地局の検索結果とを比較し、これらの中からハンドオーバー先として最適な基地局を選択してハンドオーバーを実行するように定めることも可能である。

【0073】（第3の実施形態）前記第1および第2の実施形態では、ハンドオーバーの実行条件として、

(1) 基地局から移動通信端末までの距離 R_{def} がハンドオーバー要否判定用のしきい値 R_{ref} より大きくなったとき。

(2) 移動通信端末が現在のシステムに接続された時点から、ハンドオーバーが行われないまま第1のタイマにより規定される所定の時間が経過したとき。

の二つを使用した。

【0074】しかしこれに限らず、(1) のみを条件としてハンドオーバーを実行するようにしてもよい。

【0075】このようにすると、例えば異システム間ハンドオーバーの場合には、移動通信端末が受信品質の良好なシステムに接続されているにも拘わらず、(2) の条件による不必要なシステム再検索が繰り返して実行される不具合を防止することができ、これにより消費電力をさらに低減することができる。

【0076】一般に、セルラ移動通信システムでは、受信品質に応じた同一システム内のアイドルハンドオーバーが行われている。このため、移動通信端末の受信品質を常に所定レベル以上に保持することは可能である。したがって、上記(2) の条件による異システム間ハンドオーバーを省略しても、大きな不具合は生じない。

【0077】また、上記(2) の条件をさらに改良し、第1のタイマがタイムアウトした時点でそのときの受信品質を検出し、この受信品質が所定のしきい値未満に劣化している場合にのみ、ハンドオーバーを実行するようにしてもよい。このようにすれば、受信品質が良好であるにもかかわらず、不必要なハンドオーバーが実行される不具合を防止することができる。

【0078】さらに、上記(1) および(2) の条件に、(3) 移動通信端末の受信品質が所定時間連続してしきい値未満に劣化したとき。

を加えてもよい。

【0079】このようにすると、(2) の第1のタイマがタイムアウトするまでの間に、移動通信端末の受信レベルが所定時間連続してしきい値レベル未満に劣化した場合には、上記第1のタイマのタイムアウトを待たずに早期にハンドオーバーを実行することが可能となる。

【0080】なお、この発明は上記各実施形態に限定されるものではない。例えば、前記各実施形態では、待ち

受け時のアイドルハンドオーバーを例にとって説明した。しかし、本発明はこれに限らず通信中のハンドオーバーにも適用できる。すなわち、移動通信端末は通信中に基地局から自端末までの距離を監視し、この距離がハンドオーバー要否判定用のしきい値より大きくなったときに、通信チャネルの接続先を他の基地局に切り替える。

【0081】このようにすると、ハンドオーバーの要否判定を基地局から到来する信号の受信レベルに依存せずに済み、この結果無線伝送路の特性変動の影響を受けずに安定したハンドオーバーを実行することが可能となる。

【0082】また、移動通信端末装置に、例えば加速度センサを利用した自装置の移動速度を検出する手段を設け、この速度検出手段により検出された自装置の移動速度に応じて、ハンドオーバーの要否を判定するための周期を可変設定し、この設定された判定周期に従いハンドオーバーの要否判定を周期的に実行するようにしてもよい。

【0083】このように構成すると、例えば移動通信端末装置の移動速度が速いときには短い周期でハンドオーバーの要否判定が行われ、これに対し移動速度が遅いときには長い周期でハンドオーバーの要否判定が行われる。このため、移動速度が速いときには頻繁にハンドオーバーの要否判定が行われるのでハンドオーバーが必要な場合にできる限り早く実行することが可能となり、一方移動速度が遅いときにはハンドオーバーの要否判定の頻度が減少するので移動通信端末装置の消費電力を低減することができる。

【0084】その他、移動通信システムの種類やその構成、各システムの無線通信方式および通信プロトコルの種類、移動通信端末装置の種類と構成、ハンドオーバーの要否判定処理の手順と内容、そしてハンドオーバー制御の手順とその内容などについても、この発明の要旨を異脱しない範囲で種々変形して実施できる。

【0085】

【発明の効果】以上詳述したようにこの発明では、接続中あるいは同期確立中の基地局から当該基地局の位置を表す第1の位置情報を受信するとともに自装置の位置を表す第2の位置情報を検出し、この検出した第1及び第2の位置情報をもとに当該基地局から自装置までの距離を算出する。そして、この算出された距離に基づいて、判定手段によりハンドオーバーの要否を判定し、ハンドオーバーが必要と判定された場合に第1のハンドオーバー処理を実行するようにしている。

【0086】したがってこの発明によれば、ハンドオーバーの要否判定を信号の受信品質のみに依存せずに行うことが可能となり、これにより不要なハンドオーバー処理を減らして消費電力の低減とハンドオーバー動作の信頼性向上を図った移動通信端末装置とそのハンドオーバー制御方法及び制御プログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明に係わるセルラ移動通信システムの

第1の実施形態を示す概略構成図。

【図2】 図1に示すシステムで使用する移動通信端末の機能構成を示すブロック図。

【図3】 図2に示す移動通信端末によるハンドオーバー制御の手順と内容を示すフローチャート。

【図4】 図2に示す移動通信端末によるハンドオーバー要否判定処理の手順と内容を示すフローチャート。

【図5】 図2に示す移動通信端末の動作説明に使用するための図。

【符号の説明】

NW…有線公衆網

EX1…第1の移動通信交換機

EX2…第2の移動通信交換機

BS11, BS12, ……第1の移動通信システムの基地局

BS21, BS22, ……第2の移動通信システムの基地局

E11, E12, ……第1の移動通信システムの無線通信エリア

E21, E22, ……第2の移動通信システムの無線通信エリア

MS1~MSn…移動通信端末

1…移動通信アンテナ

2…アンテナ共用器(DUP)

3…受信回路(RX)

4…周波数シンセサイザ(SYN)

5…送信回路(TX)

6…CDMA信号処理部

7…音声符号処理部

8…PCM符号処理部

9…受話増幅器

10…スピーカ

11…マイクロホン

12…制御部

12a…位置算出機能

12b…距離算出機能

12c…ハンドオーバー要否判定機能

12d…ハンドオーバー制御機能

13…記憶部

14…入力部

15…表示部

16…GPS受信機

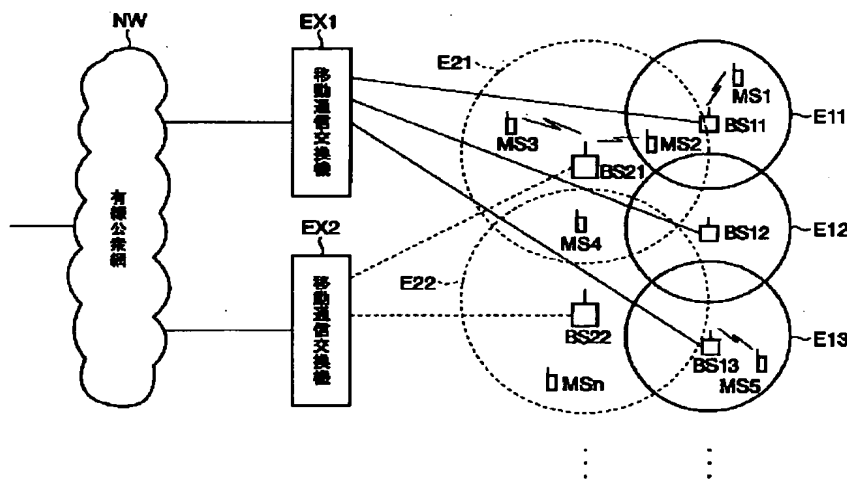
17…GPSアンテナ

18…送話増幅器

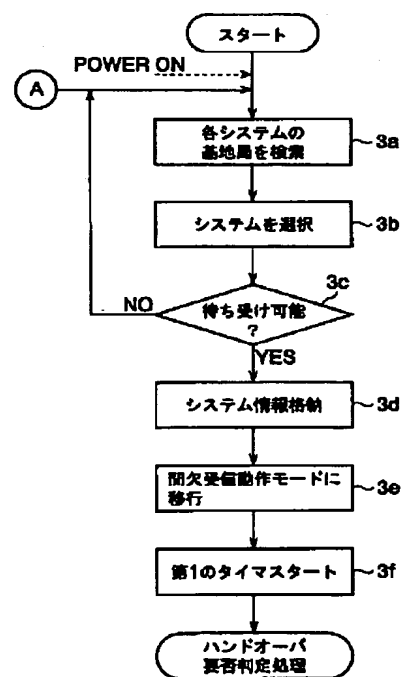
19…電源回路

20…バッテリー

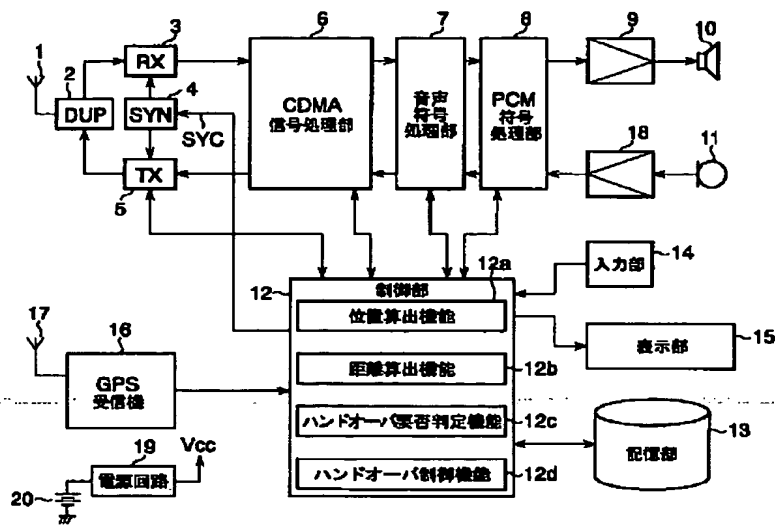
【図1】



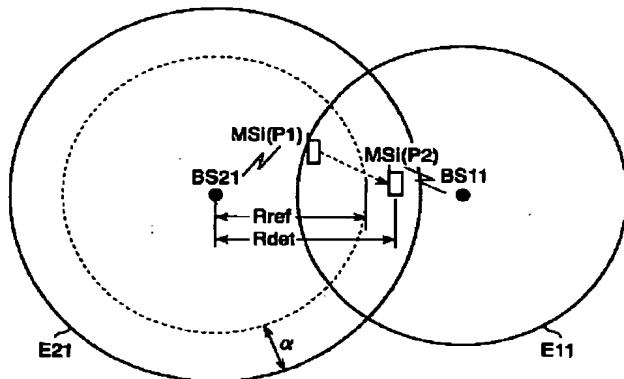
【図3】



【図2】



【図5】



【図4】

